

От приглашенного редактора

Функциональная магнитно-резонансная томография в вертикальном положении при исследовании поясничного отдела позвоночника

Бажин А.В.

ГБОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова»
Министерства здравоохранения России, Москва, Россия

Functional Lumbar Spine Magnetic Resonance Imaging in Upright Position for Diagnosing Degenerative Disorders

Bazhin A.V.

A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

Цель исследования: определить возможности МРТ в вертикальном положении при исследовании поясничного отдела позвоночника.

Материал и методы. Обследовано 58 пациентов (39 (67,4%) женщин 19 (32,6%) мужчин (средний возраст $49,0 \pm 13,7$ года) с хроническим болевым синдромом в пояснице. Исследование осуществляли на магнитно-резонансном томографе G-Scan (Esaote, Италия) с напряженностью магнитного поля 0,25 Тл и с возможностью исследования в вертикальном положении. В горизонтальном положении получали Т2-взвешенные изображения (ВИ) во фронтальной, сагиттальной и аксиальной плоскостях; Т1ВИ и изображения с использованием последовательности с подавлением сигнала от жира (STIR – short TR inversion recovery) в сагиттальной плоскости. При вертикализации получали Т2ВИ во фронтальной, сагиттальной и аксиальной плоскостях.

Результаты. У всех обследованных выявлены характерные изменения нормальных и дегенеративно измененных межпозвонковых дисков в виде увеличения их сагиттальных размеров. Чрезмерная реакция данных структур на нагрузку с формированием протрузий и превышение нормальной реакции грыжами и протрузиями позволили в 12,1% наблюдений предположить их нестабильность. У всех пациентов отмечались изменения статики позвоночника в виде усиления физиологи-

ческого лордоза, тенденции к формированию или формированию патологического кифоза. В 10,2% случаев выявлены признаки нестабильности позвоночно-двигательных сегментов в виде увеличения степени смещения позвонков в вертикальном положении. Изменения межпозвонковых суставов в 29,3% случаев заключались в виде смещения друг относительно друга суставных отростков и перемещения в полости сустава синовиальной жидкости. У 3 пациентов при вертикализации за счет изменения положения позвонков, увеличения сагиттальных размеров межпозвонковых дисков и толщины желтых связок возник абсолютный стеноз позвоночного канала. Усиление болевого синдрома и вследствие этого невозможность закончить исследование у 4 пациентов привели к неполноценному исследованию.

Выводы. В 22,3% случаев данная методика позволила предположить наличие нестабильности межпозвонковых дисков и позвоночно-двигательных сегментов, а также уточнить степень стеноза позвоночного канала, что может оказать влияние на выбор лечебной тактики. С помощью МРТ в вертикальном положении в 91,4% наблюдений получена дополнительная информация, которая в 22,3% случаев была клинически значимой.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография в вертикальном положении, поясничный отдел позвоночника, дегенеративные заболевания позвоночника.

Для корреспонденции: Бажин Александр Владимирович – 127206 Москва, ул. Вучетича, д. 9а., кафедра лучевой диагностики ГБОУ ВПО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» МЗ РФ. Тел.: +7-495-611-01-77. E-mail: avbazhin@yandex.ru

Бажин Александр Владимирович – аспирант кафедры лучевой диагностики ГБОУ ВПО МГМСУ им. А.И. Евдокимова» МЗ РФ.

Contact: Bazhin Aleksander Vladimirovich – 127206, Russia, Moscow, Vuchetich str., 9a. Radiology Department, A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry. Phone: +7-495-611-01-77. E-mail: avbazhin@yandex.ru

Bazhin Alexander Vladimirovich – post-graduate of Radiology Department, A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry.



Aim: to determine the capabilities of upright magnetic resonance imaging (MRI) in studying lumbar spine degenerative disorders.

Materials and Methods. 58 patients were taken into the study (39 (67.4%), women, 19 (32.6%) men), aged 49.0 ± 13.7 years, suffering from chronic lumbar pain. The study was conducted using a 0.25 T MRI tomograph (G-Scan, Esaote, Italy) and included two parts. In the supine position T2-weighted images (WI) were performed (coronal, sagittal, axial); T1-WI and a sequence suppressing signal from fat tissue (STIR – short TR inversion recovery) in sagittal plane. Upright position protocols included T2-WI in the coronal, sagittal (slice thickness 4.5 mm, interval 5 mm) and axial planes.

Results. In 100% cases sagittal disc dimensions showed to be increased in vertical position, which can be considered as typical disc changes. Excessive answer of these structures to the load with protrusion formation and excess of normal reaction by hernias and protrusions allowed to diagnose instability of interested spinal motion segments in 12.1%. In 100% cases characteristic lumbar spine static changes were revealed, such as the increase of physiological lordosis, pathological kyphosis appearance or tendency to develop it. In 10.2% cases vertebral-motion segments instability was revealed, characterized by augmented degree of vertebrae displacement in vertical position. Intervertebral joints' changes in 29.3% cases were described as articular processes' listhesis and synovial fluid movement inside the joint cavity. In 3 patients during verticalization a formation of absolute stenosis was revealed, as a result of vertebrae listhesis, increased herniation of intervertebral discs and ligamentum flavum thickening. In 4 cases the upright examination couldn't be performed because of the appearance in patients of severe low back pain.

Conclusion. In 22.3% cases this technique was able to suspect disc and vertebral-motion segments instability, as long as to precise the degree of central canal stenosis, which can all influence the choice of further management. MRI in upright position provided additional information in 91.1% of cases, which appeared to be clinically important in 22.3%.

Key words: Weight-Bearing Magnetic Resonance Imaging, Lumbar Spine, Degenerative Disease of the Spine.

Введение

Дегенеративные изменения поясничного отдела позвоночника наиболее частая причина возникновения болевого синдрома, так как в течение жизни хотя бы один эпизод боли в спине переносит 60–80% населения [1–3]. Это вторая по частоте причина обращения за медицинской помощью после респираторных заболеваний и третья среди показаний к госпитализации пациентов. Дегенеративные изменения позвоночника чаще всего отмечаются у людей работоспособного возраста (30–60 лет), а трудопотери от данных заболеваний занимают одно из ведущих мест [4].

Несмотря на высокую распространенность дегенеративных заболеваний позвоночника среди населения, значительные успехи в их диагностике и лечении, остается высоким процент (25–40) неудачных результатов вмешательств с рецидивиро-

ванием корешковой боли, что обусловило появление специфического термина “синдром неудачно оперированного позвоночника”. До 10% больных из общего числа страдающих дегенеративными заболеваниями позвоночника становятся инвалидами, причем среди оперированных больных общий уровень утраты трудоспособности составляет не менее 70%. Даже после микродискэктомий не более 61% оперированных пациентов могут возвратиться к прежней работе [4].

Возникновение основных клинических проявлений дегенеративных изменений позвоночника в вертикальном положении, а также патологических процессов динамического характера (например, динамический стеноз позвоночного канала) обуславливает необходимость проведения лучевых исследований под воздействием аксиальной нагрузки [5, 6]. Высокотехнологичные методы лучевой диагностики, применяемые для изучения позвоночника, такие как МСКТ и МРТ, позволяют с высокой степенью достоверности судить об изменениях кости и окружающих мягкотканых структур [5]. В то же время оценка статико-динамических параметров с помощью классических методик МСКТ и МРТ затруднена вследствие проведения исследования в горизонтальном положении пациента. Это приводит к тому, что, несмотря на большую специфичность и чувствительность высокотехнологичных исследований по сравнению со стандартной спондилографией, диагностическая эффективность и значимость их в выявлении зависимых от положения тела человека изменений ограничена [3, 5, 6].

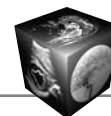
С целью повышения диагностической эффективности и возможности оценки статико-динамических параметров позвоночно-двигательных сегментов были разработаны магнитно-резонансные томографы, которые позволяют исследовать поясничный отдел позвоночника в вертикальном положении [3, 5, 7–9].

Цель исследования

Определить возможности МРТ в вертикальном положении при исследовании поясничного отдела позвоночника.

Материал и методы

Обследовано 58 пациентов (39 (67,4%) женщин, 19 (32,6%) мужчин, средний возраст $49,0 \pm 13,7$ года) с хроническим болевым синдромом в пояснице. Исследование выполняли на аппарате G-Scan (Esaote, Италия) с напряженностью магнитного поля 0,25 Тл в 2 этапа: 1 – стандартное исследование в положении лежа; 2 – исследование в вертикальном положении пациента.



В горизонтальном положении получали Т2-взвешенные изображения (ВИ) во фронтальной и сагиттальной плоскостях; Т1ВИ и изображения с использованием последовательности с подавлением сигнала от жира (STIR – short TR inversion recovery) в сагиттальной плоскости, толщина срезов составляла 4,5 мм, интервал между ними был 5 мм. Также оценивали Т2ВИ в аксиальной плоскости с получением изображений с толщиной среза 2 мм.

Вертикализации пациента достигали с помощью поворота стола томографа под углом 84° к горизонтали. Данный угол позволял получить адекватную аксиальную нагрузку на поясничный отдел позвоночника при сохранении минимальной опоры, что важно, учитывая возможное усиление болевого синдрома в вертикальном положении при достаточно длительном периоде времени (15–18 мин), которое необходимо для проведения исследования в вертикальном положении.

При вертикализации получали Т2ВИ во фронтальной, сагиттальной (толщина среза 4,5 мм, интервал 5 мм) и аксиальной (толщина среза 2 мм) плоскостях.

Результаты и их обсуждение

При вертикализации в 100% случаев определялись характерные для данного положения изменения нормальных и дегенеративно измененных межпозвонковых дисков в виде изменения их размеров, что также подчеркивается в большинстве как экспериментальных, так и клинических работ, посвященных функциональным МР-методикам исследования поясничного отдела позвоночника [2, 7, 9].

С целью определения физиологической реакции данных структур на нагрузку была измерена разница сагиттальных размеров нормальных (1, 2 стадия по Pfirrmann) межпозвонковых дисков в положениях лежа и стоя (см. таблицу). Увеличение данных размеров является следствием воздействия массы тела человека на поясничный отдел позвоночника, а также активным включением в работу мышц туловища [3].

Ответ дегенеративно измененных межпозвонковых дисков на вертикализацию в 74,1% (n = 43) наблюдений не выходил за пределы вычисленных границ. У 5,2% пациентов отмечалось чрезмерное увеличение размеров, что приводило к формированию протрузий, которые не определялись в по-

ложении лежа. В 79% (n = 46) случаев увеличение сагиттальных размеров межпозвонковых дисков с наличием грыж и протрузий также не превышало физиологические нормы, а в 6,9% случаев данные изменения значительно превосходили нормальную реакцию ($5,3 \pm 0,6$ мм) (рис. 1).

Появление в вертикальном положении протрузий и превосходящая физиологическую нагрузку реакция грыж и протрузий межпозвонковых дисков позволили в 12,1% случаев предположить нестабильность данных структур и возможное дальнейшее прогрессирование изменений.

В исследовании К. Huang и соавт. (2009), проведенном на группе пациентов с выявленным спондилолистезом, подчеркивалась значимость МРТ с аксиальной нагрузкой в положении лежа при определении сегментарной нестабильности, признаками которой, по мнению авторов, были увеличение смещения позвонка и толщины желтых связок, смещение суставных отростков друг относительно друга и изменение размеров межпозвонковых дисков [2]. Аналогичные изменения отмечали и при исследовании пациентов в вертикальном положении. У 12 (20,6%) пациентов в положении лежа были выявлены листезы позвонков. В 6,8% случаев при вертикализации отмечали увеличение смещения позвонка на $5,4 \pm 3,2$ мм, а в 3,4% случаев появление смещения в пределах 2 мм, что позволило у данных пациентов определить косвенные признаки нестабильности позвоночно-двигательных сегментов и исключить из алгоритма диагностики рентгенографию с функциональными пробами (рис. 2). В остальных наблюдениях, несмотря на отсутствие изменений положений позвонков, исключить их нестабильность по данным МРТ в положении лежа и стоя не представлялось возможным (рис. 3).

Изменения статики позвоночника возникали у 100% обследованных и заключались в усилении физиологического лордоза – 81% (n = 47), тенденции к формированию или формированию патологического кифоза – 19% (n = 11) (рис. 4). Данные изменения являются ожидаемыми для вертикального положения и связаны с увеличением нагрузки на поясничный отдел позвоночника и активным включением в работу мышц спины и брюшной стенки [3].

Имеющаяся у 70,7% (n = 41) пациентов сколиотическая деформация позвоночника в положении

Физиологическая реакция межпозвонковых дисков на нагрузку в вертикальном положении

Показатель	Позвоночно-двигательный сегмент				
	L _I –L _{II}	L _{II} –L _{III}	L _{III} –L _{IV}	L _{IV} –L _V	L _V –L _{VI}
Изменение размера, мм	$+0,7 \pm 0,5$	$+0,9 \pm 0,6$	$+1,5 \pm 0,4$	$+1,4 \pm 0,7$	$+2,1 \pm 1,1$
$p < 0,05$					

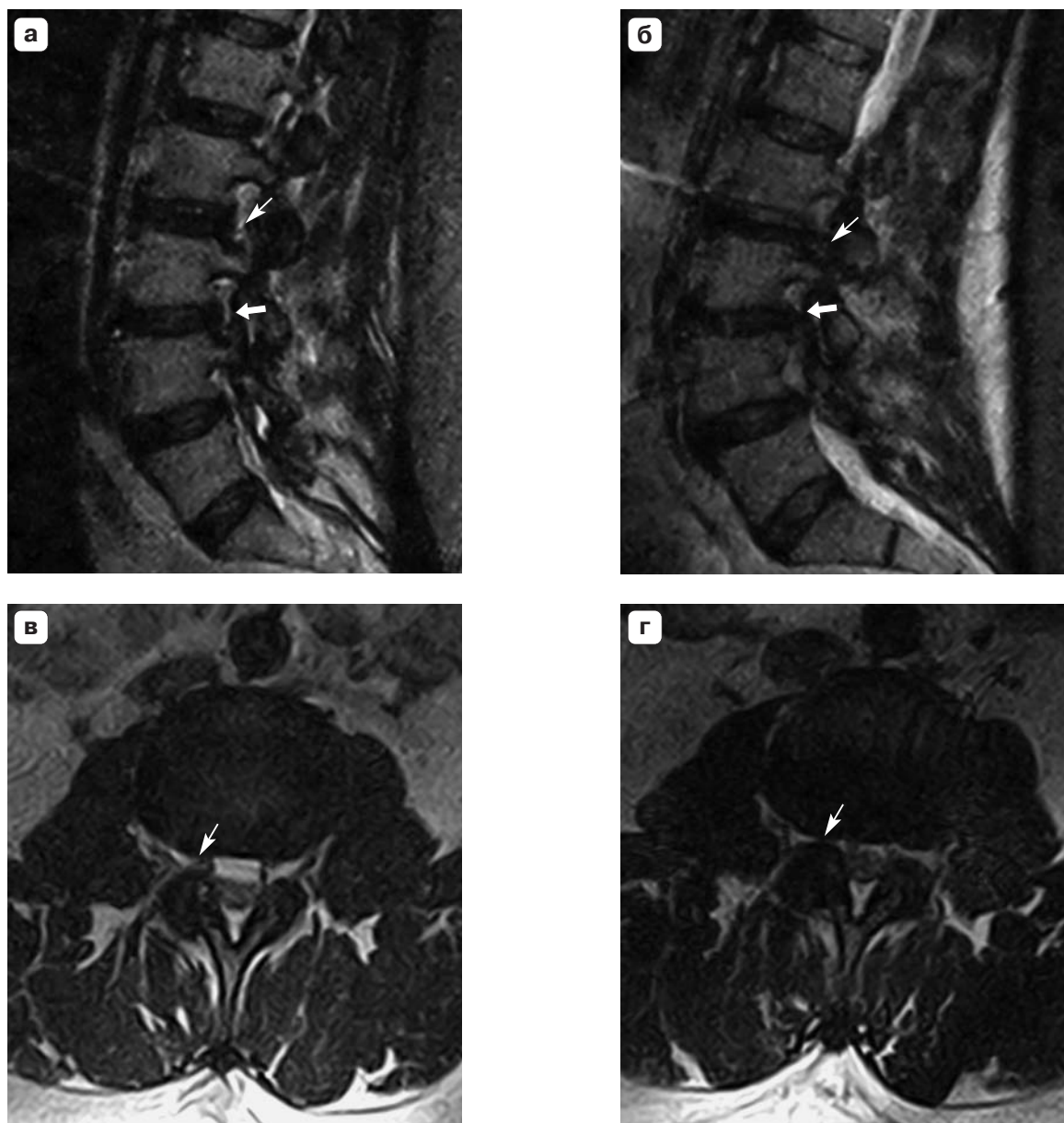


Рис. 1. МР-томограммы поясничного отдела позвоночника: Т2ВИ в сагиттальной плоскости в положении лежа (а) и при вертикализации (б), Т2ВИ в аксиальной плоскости в положении лежа (в) и при вертикализации (г). При исследовании в вертикальном положении отмечается увеличение протрузии межпозвонкового диска в позвоночно-двигательном сегменте L_{III}–L_{IV} с деформацией и сужением межпозвонкового отверстия (а, б) (стрелки) и формирование новой протрузии в сегменте L_I–L_{III} (в, г) (тонкие стрелки).

лежа увеличивалась в вертикальном положении на $4,5 \pm 1,7^\circ$ (рис. 5). Наличие выраженной сколиотической деформации несколько затрудняло оценку структур позвоночно-двигательных сегментов [3].

В вертикальном положении изменения также затрагивали и другие как нормальные, так и патологические структуры поясничного отдела позвоночника. Так, по данным U. Tarantino и соавт. [3], при исследовании в положении стоя характерно уменьшение площади поперечного сечения спин-

номозгового канала, что возникало не только вследствие увеличения размеров межпозвонковых дисков и степени смещения позвонков, но и утолщения желтых связок, изменения расположения суставных отростков и увеличения размеров синовиальных кист.

В 29,3% (n = 17) наблюдений реакцией межпозвонковых суставов было смещение суставных отростков относительно друг друга и перемещение в полости сустава синовиальной жидкости. Выяв-

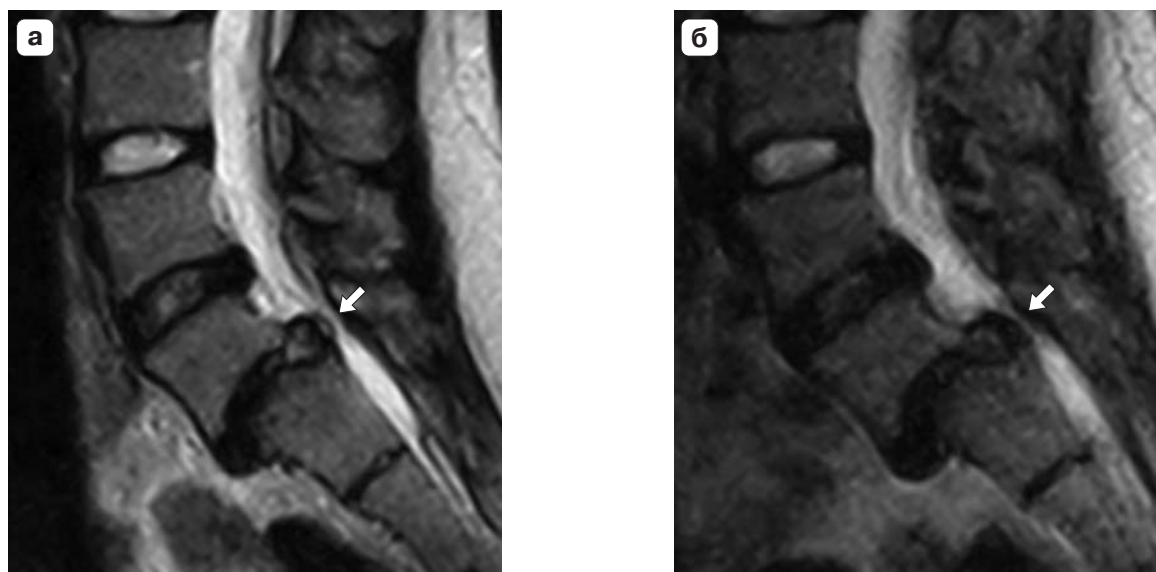
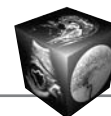


Рис. 2. МР-томограммы поясничного отдела позвоночника, Т2ВИ в сагиттальной плоскости в положении лежа (а) и стоя (б). В положении лежа определяется антеролистез L_5 (а), при вертикализации – увеличение смещения позвонка L_5 кпереди на 6 мм (б) (стрелки).



Рис. 3. МР-томограммы поясничного отдела позвоночника, Т2ВИ в сагиттальной плоскости в положении лежа (а) и стоя (б). Антеролистез L_5 (а) не изменяет своих характеристик при вертикализации (б) (стрелки).

ленная у 1 пациента синовиальная киста никак не изменяла своих размеров и расположения в вертикальном положении. В 8,6% ($n = 5$) случаев при вертикализации отмечали увеличение толщины желтых связок. В 3 наблюдениях вышеперечисленные изменения структур позвоночно-двигательного сегмента во время вертикализации приводили к формированию абсолютного стеноза позвоночного канала (рис. 6).

В 4 случаях исследование в вертикальном положении было неинформативным из-за наличия

выраженных двигательных артефактов и невозможности проведения исследования в полном объеме вследствие усиления у пациентов болевого синдрома. Данная проблема возникала за счет как увеличения нагрузки на поясничный отдел позвоночника в вертикальном положении, так и активного включения в работу по поддержанию позы мышц спины и брюшной стенки. Относительной проблемой была также длительность исследования в положении стоя, которая достигала 15–18 мин, что в итоге приводило к появлению вы-

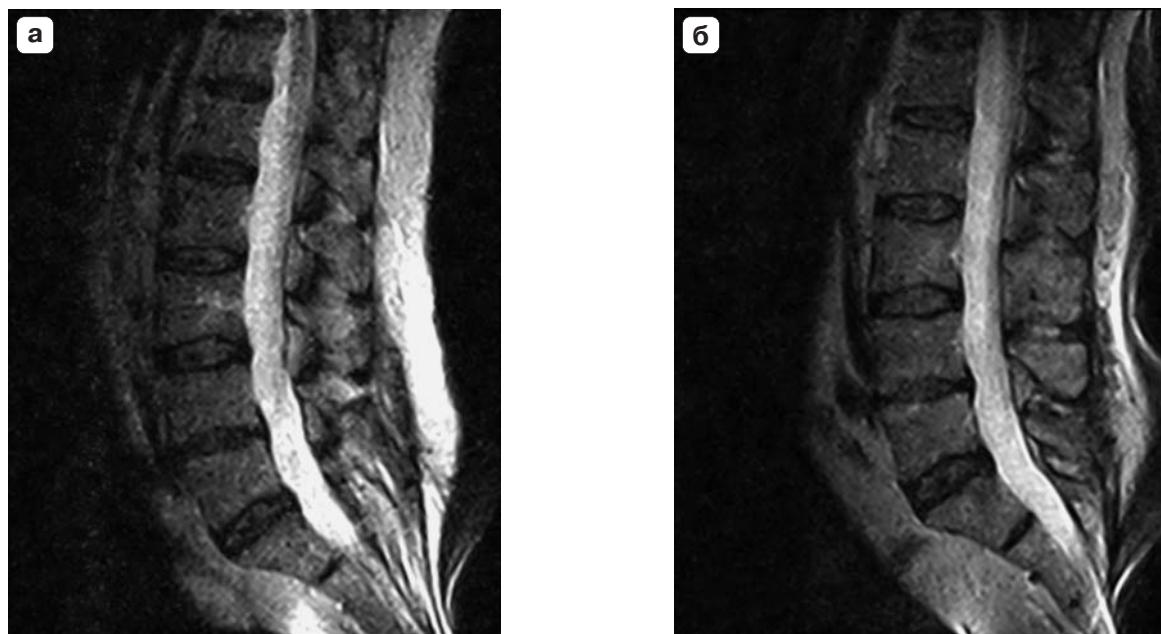


Рис. 4. МР-томограммы поясничного отдела позвоночника, T2ВИ в сагиттальной плоскости положении лежа (а) и при вертикализации (б). При вертикализации отмечается выпрямление физиологического лордоза.

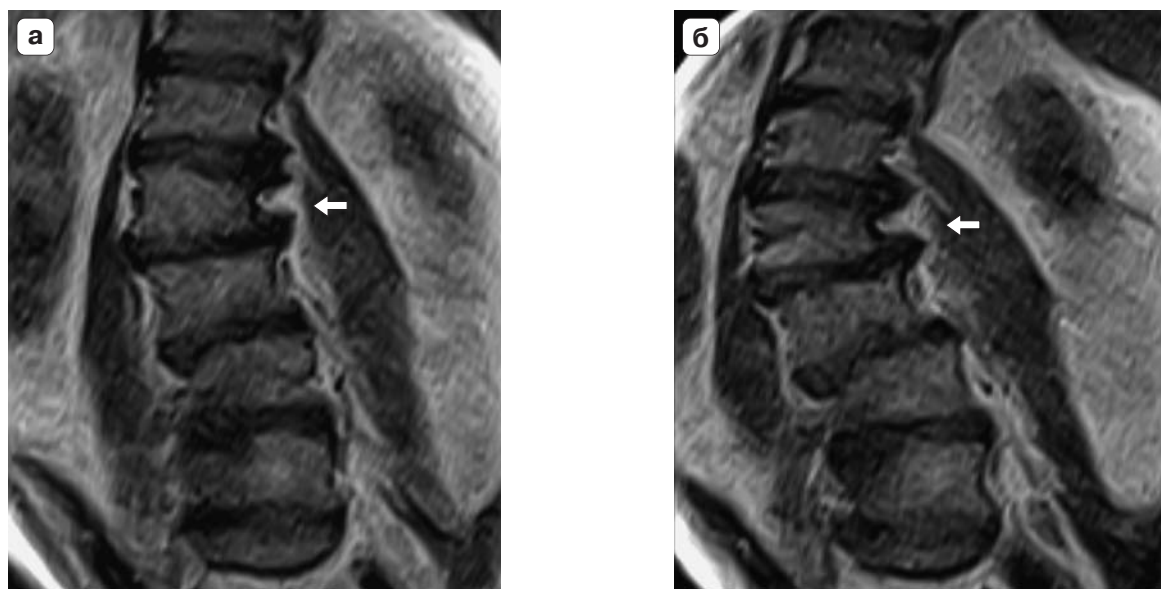


Рис. 5. МР-томограммы поясничного отдела позвоночника, T1ВИ во фронтальной плоскости в положении лежа (а) и стоя (б). В положении лежа отмечается сколиотическая деформация поясничного отдела позвоночника под углом 20°, при вертикализации – увеличение сколиоза на 13° (стрелки).

раженных двигательных артефактов и невозможности оценки изображений. В большинстве работ, посвященных различным методикам (вертикализация пациента и имитация вертикального положения) функциональных МР-исследований поясничного отдела позвоночника, в 7,0–8,7% возникали сложности с получением качественных изображений и дальнейшей их интерпретацией [2, 3].

Полученные в исследовании данные практически полностью совпадают с результатами аналогичных зарубежных работ [3, 9]. В то же время в клинических исследованиях авторы в подавляющем большинстве случаев для оценки реакции межпозвонковых дисков на нагрузку использовали определение изменения их высоты, что не позволяло адекватно судить о физиологической и/или па-

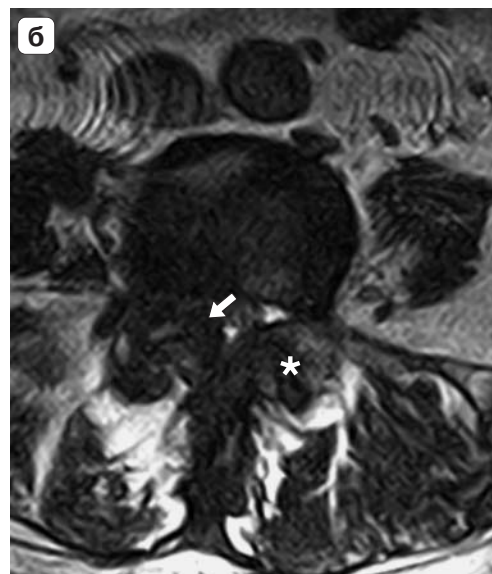
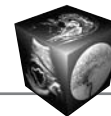


Рис. 6. МР-томограммы поясничного отдела позвоночника, Т2ВИ в аксиальной плоскости в положении лежа (а) и стоя (б). Отмечается перемещение синовиальной жидкости (звездочки) в полости межпозвонкового сустава, смещение суставных отростков и утолщение желтых связок (стрелки), вызывающие стеноз позвоночного канала.

тологической их реакции [3, 9]. Проведенные экспериментальные исследования не могут дать ответ на данный вопрос вследствие отсутствия работы мышц туловища во время вертикализации [7].

При сравнении полученных результатов с данными исследований, основанных на другой МР-методике (с аксиальной нагрузкой в положении лежа), изменения показателей статики были сопоставимы. Однако характеристики, отражающие ответ других структур позвоночно-двигательного сегмента, требуют более подробного сравнения для их адекватной оценки [2, 6]. Это необходимо для правильной интерпретации результатов, получаемых при МРТ с аксиальной нагрузкой, и обоснованного ее применения. Данная методика по сравнению с исследованием в вертикальном положении имеет ряд преимуществ, основное из которых – совместимость оборудования со стандартными томографами, что может сократить время обследования, а следовательно, снизить количество некачественных исследований.

Выводы

1. Исследование поясничного отдела позвоночника с помощью МРТ в вертикальном положении позволило определить величину физиологической реакции нормальных межпозвонковых дисков.

2. В 22,3% случаев данная методика дала возможность предположить наличие нестабильности межпозвонковых дисков и позвоночно-двигательных сегментов, а также уточнить степень стеноза позвоночного канала, что может оказать влияние на выбор лечебной тактики.

3. Характерные изменения статики поясничного отдела позвоночника при МРТ в положении лежа и стоя позволяют снизить лучевую нагрузку за счет ограничения применения рентгенографии с функциональными пробами и получить максимально объективную оценку всех составных элементов позвоночно-двигательного сегмента.

4. С помощью МРТ в вертикальном положении в 91,4% наблюдений получена дополнительная информация, которая в 22,3% случаев была клинически значимой.

Список литературы

1. Gallucci M., Puglielli E., Splendiani A. et al. Degenerative disorders of the spine. *Eur. Radiol.* 2005; 15 (3): 591–598.
2. Huang K.Y., Lin R.M., Lee Y.L., Li J.D. Factors affecting disability and physical function in degenerative lumbar spondylolisthesis of L4 – 5: evaluation with axially loaded MRI. *Eur. Spine J.* 2009; 18 (12): 1851–1857.
3. Tarantino U., Fanucci E., Iundusi R. et al. Lumbar spine MRI in upright position for diagnosing acute and chronic low back pain: statistical analysis of morphological changes. *J. Orthop. Traumatol.* 2013; 14 (1):15–22.
4. Щедренко В.В., Яковенко И.В., Аникеев Н.В. и др. Малоинвазивная хирургия дегенеративных заболеваний позвоночника. СПб.: РНХИ им. проф. А.Л. Поленова, 2011. 435 с.
5. Goethem J.W., Hauwe L.M., Parizel P.M. *Spinal Imaging: Diagnostic Imaging of the Spine and Spinal Cord.* Heidelberg: Springer, 2007. 581 p.
6. Hansson T., Suzuki N., Hebelka H., Gaulitz A. The narrowing of the lumbar spinal canal during loaded MRI: the effects of the disc and ligamentum flavum. *Eur. Spine J.* 2009; 18 (5): 679–686.



7. O'Connell G.D., Vresilovic E.J., Elliott D.M. Human intervertebral disc internal strain in compression: the effect of disc region, loading position, and degeneration. *J. Orthop. Res.* 2011; 29 (4): 547–555.
 8. Бажин А.В., Егорова Е.А., Козлов А.Э. В Применение магнитно-резонансной томографии в вертикальном положении при исследовании поясничного отдела позвоночника. *Радиология – практика.* 2014; 2: 6–14.
 9. Shymon S., Hargens A.R., Minkoff L.A., Chang D.G. Body posture and backpack loading: an upright magnetic resonance imaging study of the adult lumbar spine. *Eur. Spine J.* 2014. Epub: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00586-014-3247-5>. (Проверено 16.06.2014)
 4. Shchedrenok V.V., Yakovenko I.V., Anikeev N.V. et al. Minimally invasive surgery of degenerative diseases of the spine. St. Petersburg: RNKHI im. prof. A.L. Polenova, 2011. 435 p. (In Russian)
 5. Goethem J.W., Hauwe L.M., Parizel P.M. *Spinal Imaging: Diagnostic Imaging of the Spine and Spinal Cord.* Heidelberg: Springer, 2007. 581 p.
 6. Hansson T., Suzuki N., Hebelka H., Gaulitz A. The narrowing of the lumbar spinal canal during loaded MRI: the effects of the disc and ligamentum flavum. *Eur. Spine J.* 2009; 18 (5): 679–686.
 7. O'Connell G.D., Vresilovic E.J., Elliott D.M. Human intervertebral disc internal strain in compression: the effect of disc region, loading position, and degeneration. *J. Orthop. Res.* 2011; 29 (4): 547–555.
 8. Bazhin A.V., Egorova E.A., Kozlov A.E. The use of weight-bearing Magnetic Resonance Imaging in Lumbar Spine Examination. *Radiology–Practice.* 2014; 2: 6–14. (In Russian)
 9. Shymon S., Hargens A.R., Minkoff L.A., Chang D.G. Body posture and backpack loading: an upright magnetic resonance imaging study of the adult lumbar spine. *Eur. Spine J.* 2014. Epub: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00586-014-3247-5>. (Проверено 16.06.2014)
- ## References
1. Gallucci M., Puglielli E., Splendiani A. et al. Degenerative disorders of the spine. *Eur. Radiol.* 2005; 15 (3): 591–598.
 2. Huang K.Y., Lin R.M., Lee Y.L., Li J.D. Factors affecting disability and physical function in degenerative lumbar spondylolisthesis of L4 – 5: evaluation with axially loaded MRI. *Eur. Spine J.* 2009; 18 (12): 1851–1857.
 3. Tarantino U., Fanucci E., Iundusi R. et al. Lumbar spine MRI in upright position for diagnosing acute and chronic low back pain: statistical analysis of morphological changes. *J. Orthop. Traumatol.* 2013; 14 (1): 15–22.